

# Prototipo para la creación de un Sistema de Información Geográfica WEB para la gestión de elementos universitarios localizados espacialmente

## *Prototype for the creation of a WEB Geographic Information System for university element management spatially localized*

C. M. Gascuña<sup>(\*)</sup>, R. Guadalupe<sup>(\*)</sup>

### RESUMEN

Este trabajo nace con la necesidad de ofrecer un Sistema de Información Geográfico implantado en un entorno Web, para una comunidad de usuarios, que proporcione información sobre recursos, instalaciones y servicios que se ofrecen localizados espacialmente.

Se trata de estudiar y seleccionar ciertos objetos de interés relevantes para una Comunidad universitaria, en concreto se ha utilizado el Campus Sur de la Universidad Politécnica de Madrid. Estos objetos serán representados en su localización geográfica, sobre el mapa de los exteriores del Campus o sobre planos digitalizados de los interiores de algunos de los edificios que lo componen. La Escuela Universitaria de Informática es la utilizada para el prototipo presentado en este trabajo. Además los objetos de interés llevarán asociada información temática con distintos formatos. Este sistema podrá aplicarse en la planificación de futuras obras, tanto nuevas como de remodelación, de los elementos que constituyen el Campus como, edificios, caminos, aparcamientos, etc.

### SUMMARY

*This work comes with the need to provide a Geographic Information System, implanted in a web environment, for a user community, which gives information on resources, facilities and services offered at a university spatially located.*

*That consists in to study and select some objects of interest, relevant for a University community; in particular the South Campus of the Polytechnic University of Madrid where it has been used. These objects will be represented in their geographic location, over the outside map of the Campus or over digitized maps which represent the interiors of some Campus buildings. The Computer Science University School is used in the prototype shown in this paper. Also, the interest objects will have associated thematic information in different formats. This system may be applied in the planning of future works, both new and remodeling, of the elements that constitute the Campus such as buildings, roads, car parks, etc.*

106-20

**Palabras clave:** Sistemas WEB; Sistemas de Información Geográfica (SIG); Servicios WEB; Servicios OGC; Gestión Espacial de Campus Universitario.

**Keywords:** WEB Systems; Geographic Information Systems (GIS); WEB Services; OGC Services; Spatial Management of University Campus.

<sup>(\*)</sup> Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (España).

Persona de contacto/Corresponding author: cmgascuena@eui.upm.es (C. M. Gascuña)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los mapas digitales son cada vez más utilizados para realizar, entre otros, estudios sobre zonas terrestres y planificar sus posibles remodelaciones, así como estudios comparativos de la evolución de estas zonas a lo largo del tiempo. Las nuevas tecnologías para la obtención de datos espaciales, sobre todo vía satélite, hacen que esto sea cada vez más fácil. Los SIG permiten hacer una abstracción de la superficie continua de la tierra y contemplar de forma discreta, únicamente aquellos elementos que son de utilidad en el sistema a modelar. Los elementos espaciales elegidos como relevantes para el sistema, son localizados espacialmente y representados por medio de figuras geométricas sobre mapas digitales o sobre sistemas de coordenadas cartesianas, en un entorno digital. Esto hace posible destacar ciertas características esenciales y de interés en la aplicación, obviando otras sin utilidad. Es éste el gran potencial de los SIG.

Uno de los nuevos campos de aplicación de los SIG es su uso como herramienta para la gestión y mantenimiento de los campus universitarios (1-6). En este campo de aplicación, los autores de este trabajo han desarrollado un sistema de información, atractivo e innovador, que aplicando nuevas tecnologías, favorecerá el acceso a la información a todos los miembros de la comunidad universitaria y en especial a los alumnos de nuevo ingreso. Este sistema podrá aplicarse además en la planificación de futuras obras, tanto nuevas como de remodelación, de los elementos que constituyen el Campus Sur de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) tales como, edificios, caminos, jardines, aparcamientos, etc. Esto redundará sin lugar a dudas en un gran beneficio, al ser posible visualizar la simulación *in situ* de las posibles mejoras o innovaciones futuras, lo que conlleva a tener una idea más concreta de la situación de los elementos y su entorno, bajando los costes, aumentando la eficacia y mejorando las prestaciones universitarias.

El Campus Sur, situado en una superficie entre Vallecas Villa y el kilómetro 7 de la Carretera de Valencia, consta de varios edificios como los de las Escuelas: Universitaria de Informática (EUI), Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación (EUITT) y Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía (ETSITGC); la Biblioteca; el Centro de Investigación de Empresas Tecnológicas y los Polideportivos.

### 1.1. Objetivos

El objetivo principal es desarrollar un sistema que ofrecerá a los usuarios (alumnos, profesores, visitantes, trabajadores, etc.) información detallada sobre el Campus. También permitirá a los profesionales de mantenimiento y construcción, obtener la ubicación geográfica exacta de los elementos que existen en la actualidad en dicho Campus, en una panorámica adecuada, exacta y completa que facilitará las decisiones a tomar respecto a la realización de obras de restauración y futuras innovaciones, así como de las labores cotidianas de mantenimiento.

Este objetivo se descompone en una serie de objetivos específicos:

- Diseñar un modelo de datos que permita representar la información necesaria para el Sistema de Información Virtual y la Integración universitaria (SIVIT), que además contemple la ubicación geográfica de los elementos elegidos como importantes y con su información complementaria asociada (7, 8).
- Crear la base de datos que represente el modelo de datos diseñado para el sistema, con la estructura de los elementos externos (jardines del campus) e internos de la EUI, extensible al resto de escuelas y biblioteca del Campus Sur de la UPM.
- Desarrollar la lógica adicional necesaria para asegurar la integridad de los datos en la base de datos del sistema SIVIT.
- Utilizar la tecnología de servicios web para dar respuesta a las peticiones de un cliente sobre los datos de la base de datos (BD). Esto además de dar soporte al sistema SIVIT ofrece la posibilidad de que cualquier aplicación cliente, de escritorio o a través de Internet, pueda utilizarlos, siendo independiente la plataforma desde la que se les solicite. Es decir, permiten la interoperabilidad con distintos entornos y su reutilización por distintas aplicaciones.

Este artículo se divide en las siguientes secciones: En la sección 2 se expone la metodología propuesta para el desarrollo del SIVIT. La sección 3 ofrece la simulación del funcionamiento del prototipo, utilizando los servicios web y la BD desarrollados. La sección 4 contiene las conclusiones de este trabajo y por último la Bibliografía.

## 2. METODOLOGÍA

La necesidad del personal de la UPM de poseer una herramienta para gestionar el Campus Sur, condujo a realizar un proyecto informático que proporcionara información geográfica y temática sobre el Campus Sur de la UPM.

El sistema propuesto, además de los exteriores del Campus, considera los interiores de los edificios emblemáticos, siendo éstos, la biblioteca y las tres Escuelas Universitarias: EUI, EUITT y ETSITGC. El trabajo para el prototipo se ha centrado principalmente en la escuela de Informática.

En un principio se realizó un prototipo, cuyo desarrollo se recoge en este artículo, utilizando como mapa base de los exteriores las ortofotos proporcionadas por la escuela de ETSITGC. Para obtener la situación geográfica de los objetos de interés se utilizó un GPS portátil.

En la segunda etapa de este proyecto, se procederá a desarrollar una primera versión con datos espaciales mejor definidos, obtenidos de organismos oficiales como, el Instituto Geográfico Nacional, Dirección General del Catastro, etc. El levantamiento en 3D de los edificios se realizará utilizando distintas tecnologías y se pretende que el Modelo Digital del Terreno (MDT) tenga una precisión de 5 metros.

La metodología de desarrollo de este proyecto comprende dos etapas. Cada una de ellas se descompone a su vez en una serie de fases:

1. Diseño del sistema.
2. Implementación del sistema.

## 2.1. Diseño del sistema

En este trabajo se trató de diseñar un Sistema que pudiera satisfacer una serie de funcionalidades entre las cuales se pueden destacar:

- Visualización de información localizada espacialmente en una escena virtual 3D.
- La aplicación estará expuesta en distintos puntos estratégicos del Campus.
- La aplicación será accesible en cada punto de información, desde los que se permitirá navegar a través de la escena virtual y con la representación geográfica del Campus.
- La zona de navegación estará delimitada en los alrededores del campus.
- La aplicación permitirá al usuario interactuar con el sistema para buscar información geográfica o de situación de distintas zonas, lugares y elementos de interés.
- El sistema deberá permitir al usuario navegar por los exteriores del campus y por el interior de los edificios emblemáticos del Campus.
- La navegación se podrá realizar en todas las direcciones y sentidos, a pie de calle en los exteriores e interiores.
- En los exteriores, los edificios de la Biblioteca y de las tres Escuelas serán visualizados en 3D.

- Cada objeto de interés contemplado en el sistema SIVIT, va a ser ubicado espacialmente y representado por una figura geométrica: punto, línea o polígono.

- Los lugares de interés serán un conjunto de elementos de interés agrupados por proximidad y/o funcionalidad, por ejemplo elementos de un determinado departamento: despachos, salas, aulas, etc.

- La aplicación tendrá asociadas diferentes capas con la representación espacial del Campus y de los interiores de cada edificio emblemático, de manera que habrá una capa que representará los exteriores del campus y varias capas por cada edificio, al menos una por cada una de sus plantas. Se tendrán en cuenta los siguientes condicionantes:

- La capa exterior del campus se desarrollará sobre el mapa del Campus.
- Cada capa interna de un edificio emblemático será desarrollada sobre el plano digitalizado de la planta que representa.
- Los edificios emblemáticos son considerados objetos de interés de tipo zona y clase edificio, en los exteriores del Campus y están asociados a la capa externa.
- Una capa interna sólo corresponde a una planta interior en un edificio emblemático.
- El módulo de consultas espaciales del sistema podrá responder a preguntas de localización como:
  - ¿Qué hay?
  - ¿Dónde está?
  - ¿Cómo llegar?
  - ¿Qué recursos de información están asociados a un objeto de interés localizado?

## 2.2. Implementación del Sistema

El desarrollo de un sistema de este tipo se descompone en una serie de etapas que a su vez, en algunos casos, se descomponen en varias fases:

1. Selección de los datos.
2. Estudio del Software a utilizar.
3. Diseño del modelo de datos
4. Creación de una base de datos.
5. Desarrollo de los servicios WEB.
6. Desarrollo de las interfaces.

### 2.2.1. Selección de los datos

La información a utilizar por el sistema es muy variada, tanto por su procedencia, como por el medio de adquisición. Será almacenada en una base de datos, la cual permitirá almacenar datos espaciales georeferenciados y los modelos 3D de algunos objetos como edificios, plantas interiores de edificios, etc.

Se dispuso de la siguiente información espacial que fue representada en el modelo de datos:

1. Modelo digital del terreno del Campus Sur.

2. Ortofotografía del Campus Sur. Cedita por la escuela de Topografía Cartografía y Geodesia.

• El Modelo Digital del Terreno (MDT), representa la orografía del suelo de una zona de superficie variable entre 4 y 40 kilómetros cuadrados. Esto estará predefinido según las coordenadas geográficas correspondientes y las características que vemos a continuación (Figura 1).

- Precisión altimétrica de 0,5 m.
- Resolución espacial de 2 m.
- El área a representar es un cuadrado entre las coordenadas (40°23'30"N, 3°38'05"W) y (40°23'04"N, 3°37'23"W), que delimitan el Campus.
- Formato de almacenamiento GeoTiff, 16 bits.
- Sistema de referencia WGS84.
- La texturización del MDT de tipo ortofoto.
- Ortofotografías de superficie, para representar la superficie de suelo con los mismos requisitos que el MDT, para la resolución espacial (Figura 2).

1

los servicios web y en algunas de las herramientas utilizadas en el proyecto.

- *Easy Eclipse Server 1.2.2.2*, entorno de desarrollo para crear servicios web con Java (Web 4).
- *Apache axis2-1.5.1-war*, *Apache axis2-1.5.1-bin*, servidor de aplicaciones web (Web 5). Es necesario para realizar los servicios web a través de *Eclipse*.
- *Apache Tomcat*, servidor de aplicaciones para los servicios web (Web 6). Se integra con *Eclipse* para generar y consumir servicios web.
- *PostgreSQL 8.4*, gestor de base de datos, (Web 7).
- *PostGIS v.1.4.0*, extensión espacial para la base de datos *PostgreSQL* (Web 8).
- *GeoServer v.2.0.0*, servidor para poder visualizar los datos espaciales sobre mapas o capas determinadas (Web 9). Estos datos se encuentran en la base de datos *PostGres/PostGIS*.
- *Gerwin v.0.6*, herramienta de desarrollo para el modelado de los datos.
- *Rational Rose Enterprise v.7.0.0*, herramienta de modelado que usa el lenguaje UML para realizar diagramas para el análisis y especificación de los requisitos del sistema (Web 10).
- *Google Earth 5*, herramienta para visualizar mapas y a los objetos de interés localizados espacialmente sobre ellos (Web 11).

### 2.2.3. Modelo de datos

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los objetivos de este trabajo era realizar un modelo de datos propio, que se desarrolló siguiendo las siguientes premisas:

- Los modelos 3D de los edificios deben representarse en la base de datos con sus correctas medidas, posicionamiento geográfico y texturas de detalle.
- Los objetos de interés son elementos o entidades elegidas sobre el terreno del Campus que aportan información relevante para nuestra aplicación. Estos objetos pueden tener asociado un icono 2D o un modelo 3D para representarlos sobre su localización geográfica.
- Los objetos de interés pueden encontrarse en un lugar al aire libre o en el interior de un edificio lo que hace que se referencien con dos o tres coordenadas espaciales. Éstos serán representados por entidades espaciales como puntos, líneas o polígonos, dependiendo de sus características y de la importancia y grado de detalle con que se quieran representar en el sistema virtual, (7, 8). Se distinguen los siguientes tipos:
  - Zona de interés, es un objeto de interés que puede contener a su vez otros objetos de interés. Se representa en la escena correspondiente por un polígono de n vértices.
  - Elemento de interés, es un objeto de interés que se representa por un punto o por una línea.

2

### 2.2.2. Estudio del Software a utilizar

Para el desarrollo del prototipo se seleccionó una combinación de herramientas *Open source* (9, 10), (Web 11). Para este trabajo y debido a las mejores capacidades que ofrecen se escogieron las siguientes:

- *VirtualBox v.3.1.4*, Máquina Virtual que permite instalar todas las herramientas utilizadas en la aplicación y desarrollar ésta sobre ella (Web 2).
- Máquina Virtual Java, *Java Runtime Environment JRE* (Web 3). Java es el lenguaje de programación usado en el desarrollo de



- Lugar de interés, es un objeto de interés que está compuesto por diversos elementos de interés y/o por otros lugares de interés.
- Recursos de Información, cada objeto de interés podrá tener asociados distintos recursos que complementan su información. Estos pueden ser fotos, texto, video, etc.

#### 2.2.4. Creación de la base de datos

Como sistema gestor de la base de datos se ha utilizado PostgreSQL y su extensión para datos espaciales PostGIS. Puede almacenar todo tipo de información: vectorial, raster, procedente de sensores de medidas de campo y topográficos, 2D y 3D, etc.

La estructura de la base de datos puede verse en la Figura 3, algunos datos se guardaron en ficheros externos a la BD, y ésta sólo recoge el *path* donde se encuentran. Este es el caso de los recursos de información de los objetos de interés, de los MDT, de las Ortofotos, etc.

#### 2.2.5. Desarrollo de los servicios web

Para interactuar con la BD y acceder a toda la información alojada en ella, se implementaron servicios web adaptados a las características de cada petición de datos, ya sea: información geográfica o del terreno, (modelos digitales, ortofotografía, elementos 3D, puntos de interés,...), el acceso a

los recursos de información asociados a cada objeto geográfico referenciado, o la recuperación de cualquier otra información que se encuentre en la BD.

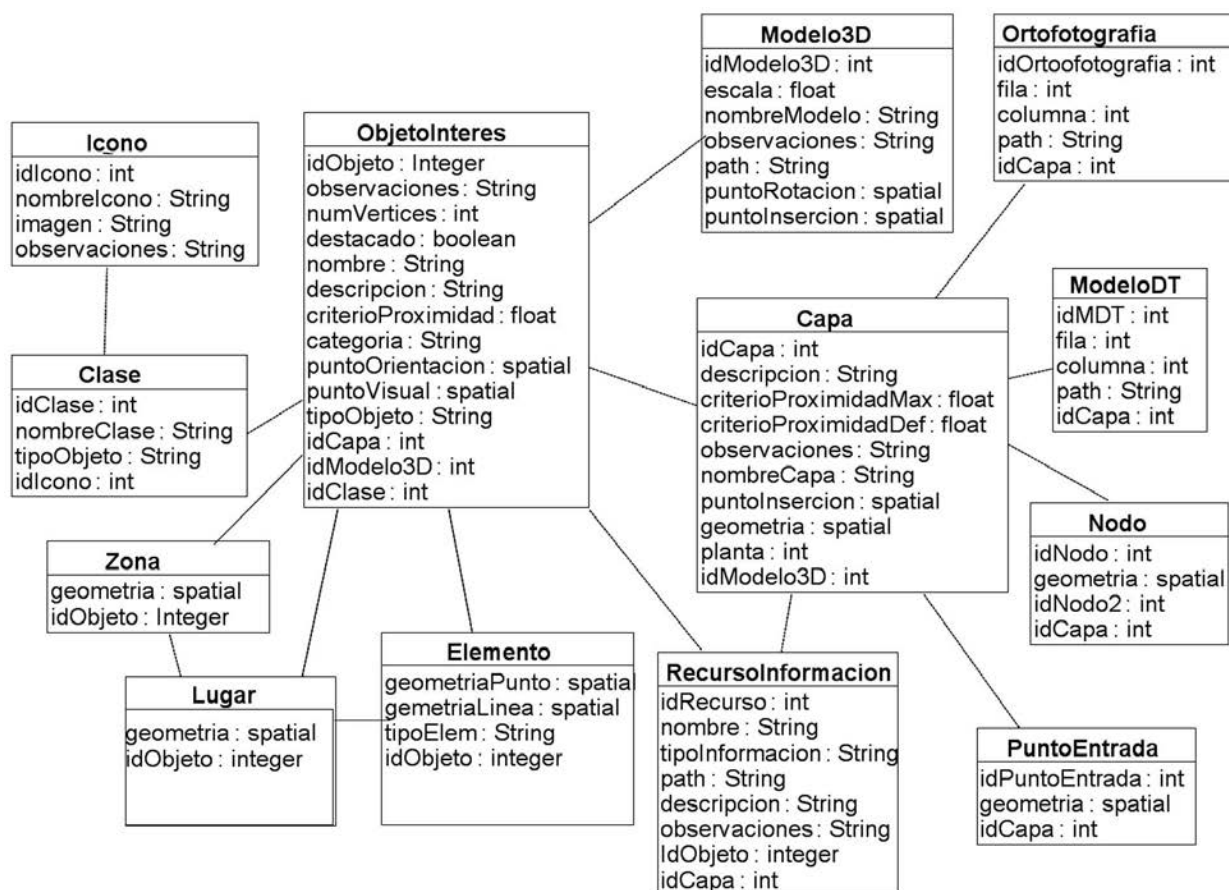
En Wikipedia (Web 12) se define un servicio web de la siguiente manera:

*Un servicio web (Web Service, WS) es un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones. Distintas aplicaciones de software desarrolladas en lenguajes de programación diferentes, y ejecutadas sobre cualquier plataforma, pueden utilizar los servicios web para intercambiar datos en redes de ordenadores como Internet. La interoperabilidad se consigue mediante la adopción de estándares abiertos.*

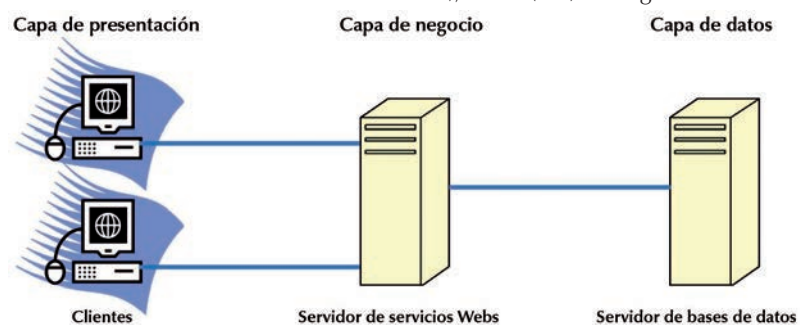
La razón principal por la que se usan los servicios web es que pueden aportar gran independencia entre la aplicación que usa el servicio web y el propio servicio, así los cambios en uno no deberían de afectar al otro.

En este proyecto se utilizan servicios web para establecer el intercambio de datos y la comunicación con un posible cliente. Los servicios web pretenden ser independientes del cliente que los utilice. Establecen un puente entre las aplicaciones cliente que consumen datos y la BD que almacena datos.

#### 3. Estructura de tablas de la BD.



En la implementación del sistema se ha utilizado la arquitectura de tres capas, presentación (clientes), lógica del negocio (servicios web), datos (BD) ver Figura 4.



4. Arquitectura en tres capas.

5. Pantalla de inicio del prototipo, con varios planos de la biblioteca del Campus.

La implementación de los servicios Web se desarrollo en dos fases:

1. Instalación de un servidor Web
2. Implementación de los servicios Web.

#### 2.2.5.1. Instalación de un servidor Web

Para este trabajo se escogió *Thomcat* de *Apache* (Web 7) como servidor de aplicaciones web debido a que ofrece las mejores prestaciones, siendo el más utilizado por ser *Open Source* y por su facilidad de instalación y uso. En la actualidad más del 70% de los servidores utilizan *Apache* (Web 6).

#### 2.2.5.2. Implementación de los servicios Web

Las peticiones a la BD y sus resultados, realizados por medio de los servicios web, se construyen en ficheros *Extensible Markup Language (XML)*. Cuando los datos pedidos son espaciales, se añade además un fichero *Keyhole Markup Language (KML)*. La interpretación de los servicios web puede realizarse con cualquier herramienta que soporte estos lenguajes.

Los servicios Web requeridos en el sistema SIVIT se adaptan a los estándares definidos en el *Open Geospatial Consortium (OGC)* (Web13), (9, 10) para asegurar compatibilidades futuras, son los siguientes:

- Un servicio web que proporciona la información del modelo digital del terreno representada en la base de datos del sistema de información virtual.
- Un servicio web que proporciona la información de las ortofotografías.
- Un servicio web que proporciona la información de los modelos 3D en una escena.
- Un servicio web que proporciona la información de los objetos de interés, respecto a su situación.
- Un servicio web que proporciona la información de todos los recursos de información (página web, video, fotos, etc.) asociados a cada objeto de interés de los representados en la BD.

- Un servicio web que permite acceder a cada uno de los recursos de información (video, audio, fotos) asociados a un objeto de interés.

Para la implementación de los servicios Web se ha utilizado un entorno de desarrollo en código abierto, *Eclipse* (Web 5) y *Java* (Web 4). Además en este caso se utilizó:

- *GoogleEarth* (Web 11), permite visualizar los puntos donde se encuentran los objetos de interés en los exteriores del campus, como paradas de autobús, calles, parking, etc. La localización espacial de dichos puntos, se recogieron *in situ* con un GPS. Por ejemplo para el edificio externo de la EUI se recogieron 7 puntos (vértices) para su representación polinomial, los cuales se guardaron en la BD.
- *GeoServer* (Web 10) es el servidor de datos geoespaciales que sirve de referencia al OGC (Web 13). Está escrito en *Java* con un diseño basado en la interoperabilidad y permite a los usuarios publicar los formatos más usuales de información geográfica.

#### 2.2.6. Desarrollo de las interfaces

Se ha decidido utilizar la interfaz que ofrece el propio gestor de BD *PostGIS* como interfaz del operador, ya que es sencillo e intuitivo.

Sin embargo es en la interfaz de un cliente donde nosotros consideramos que se debe de emplear más tiempo, para facilitar al usuario final la navegación a través del campus virtual y proporcionarle todas las prestaciones que pudiera necesitar en su recorrido. En este trabajo no se ha desarrollado ninguna aplicación cliente, aunque el prototipo propuesto sirve para presentar la funcionalidad ofrecida por el sistema desarrollado.

Debido a la interoperabilidad de los servicios web, cualquier aplicación desarrollada en cualquier lenguaje de programación podría consumir estos servicios.

### 3. SIMULACIÓN DEL PROTOTIPO CONSUMIENDO SERVICIOS WEB

Al iniciar la aplicación, se muestra la pantalla que se ven la Figura 5.



Existen dos funciones de navegación en función de los escenarios donde se realice:

### 3.1. Navegación exterior

Si el usuario está en el exterior del Campus, la escena virtual está compuesta por los siguientes elementos:

- Modelo digital del terreno del Campus Sur.
- Ortofotografías de la superficie.
- Modelos en 3D de edificios del Campus Sur (exteriores) y otros objetos de interés representados mediante 3D.
- Iconos 2D de los objetos de interés correspondientes.
- El usuario tiene varias opciones de navegación en la zona delimitada por el perímetro de la capa de exteriores. Se presentará la posibilidad de elegir un objeto de interés dentro de las posibilidades ofrecidas en los exteriores del Campus.

### 3.2. Navegación interior

En el interior de un edificio, los elementos visibles de la escena virtual serán:

- Modelo 3D del interior de la planta basado en el plano de la planta digitalizado.
- Modelos en 3D de los objetos de interés que los incluyan.
- Iconos 2D de los objetos de interés correspondientes.

### 3.3. Funciones de análisis

Sobre el escenario donde se encuentra, el usuario puede elegir dos funciones de análisis:

1. Consultas a la base de datos.
2. Visualización de consultas peculiares de este sistema.

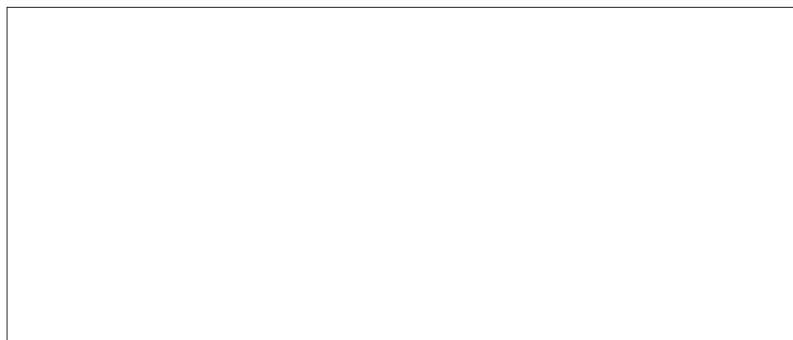
#### 3.3.1. Realización de consultas a la base de datos

Se puede realizar diferentes consultas, directamente o a través de los Servicios web, entre otras:

##### 3.3.1.1. Directamente a través del Sistema Gestor de la BD:

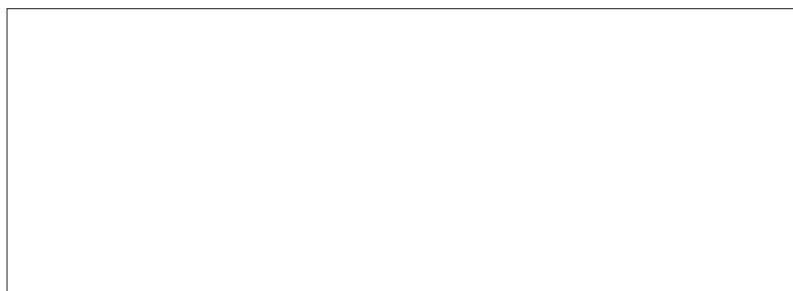
- Consultas de información no espacial utilizando el asistente que incorpora el propio Sistema Gestor de BD *PostGres/PostGIS*, mediante el lenguaje SQL.
- Consultas espaciales recuperando la localización espacial de los datos, utilizando *GoeServer* para visualizar sus geometrías asociadas y sus relaciones topológicas.
- Impresión de mapas, fotografías e imágenes de satélite.

En la Figura 6 vemos el contenido de una consulta realizada en lenguaje SQL sobre la base de datos *PostGIS*. Se solicita el nombre de los objetos de interés, la capa a la que pertenecen, el número de vértices que tiene la figura geométrica que lo representa y los puntos geográficos que componen dicha figura, que puede ser: punto, línea o polígono, tal como se observa. Las figuras corresponden a los tipos de objeto de interés: zona, lugar y elemento.



6

En la Figura 7 vemos el resultado de la consulta de la Figura 6, los objetos de interés están en las capas "Exterior" e "Informática".



7

##### 3.3.1.2. A través de los servicios web:

- Petición de un escenario que depende del punto donde se encuentra el usuario físicamente, contiene:
  - Su capa asociada.
  - Los objetos de interés próximos al punto desde donde se realiza la petición.
  - Los listados correspondientes a dicha capa.
- Petición de ruta.
- Petición de ir a.
- Petición del listado de los recursos de información de un objeto de interés determinado.
- Petición de un recurso de información determinado.

#### 3.3.2. Visualización de consultas peculiares del sistema

Todos los resultados de las peticiones realizadas a través de los servicios web pueden ser visualizados. A continuación veremos algunos ejemplos utilizando *Google Earth* como herramienta de visualización para el prototipo de este sistema. Entre otros se puede realizar:

6. Consulta sobre los objetos de interés que existen en la base de datos en lenguaje SQL.

7. Resultado de la consulta de la Figura 6.

8. Listados y modelo digital de terreno enviado junto con el escenario pedido desde el punto 1.

1. Petición de la capa asociada a un escenario, Servicio Web “Escenario”
2. Petición de los objetos de interés próximos al punto desde donde se realiza la petición, Servicio web “ObjetosPróximos”.
3. Petición de ir a Servicio web “Ir\_a”.
4. Petición de Ruta, etc.

### 3.3.3. Servicio web “Escenario”

Puede solicitarse el escenario correspondiente a una coordenada interna, a una coordenada de la capa externa o a una coordenada que se encuentre fuera de los límites del Campus. Sólo en este servicio web es necesario comprobar si una coordenada se encuentra fuera del Campus. Para el servicio web “Escenario” son posibles tres peticiones diferentes:

*1. Escenario pedido desde los exteriores del Campus:*

Punto 1. Es un punto de la capa externa del Campus que se encuentra en la isleta que hay junto a las pistas de tenis y el polideportivo.

Al solicitar el escenario desde el punto 1, se obtiene el escenario correspondiente: la información de los listados específicos de la capa externa, ortofotografía, MDT y los objetos próximos al punto 1, en formatos KML + XML. En la Figura 8 se muestra esta simulación y una parte de los listados enviados por el servicio web.

Coordenadas del punto 1:

$X$  (longitud) = -3.627563867220396  
 $Y$  (latitud) = 40.38825124539203  
 $Z = 0$

*2. Escenario pedido desde el interior de la Escuela de Informática:*

Punto 2. Este punto se encuentra dentro de la EUI, en la planta baja del bloque IV.

Al pedir el escenario desde el punto 2, el servicio web devuelve la capa interna correspondiente a la planta baja del Edificio de la EUI, no se ha realizado el levantamiento de los interiores por lo que no se visualizan éstos. Vemos sin embargo en la Figura 9, localizados geográficamente el punto 2 y sus objetos próximos (Centro de Cálculo y Secretaría), los listados específicos de dicha capa y el *path* donde se encuentra el modelo digital de terreno correspondiente.

Coordenadas del punto 2:

$X$  (longitud) = -3.62813604357802  
 $Y$  (latitud) = 40.38929675232029  
 $Z = 0$

*3. Petición de Escenario desde fuera del Campus Sur:*

La solicitud de un escenario fuera del recinto del Campus Sur, como puede ser en el punto 4, devuelve un error.

Punto 4:

$X$  (longitud) = -3.624985071419555  
 $Y$  (latitud) = 40.38844258903883  
 $Z = 0$

### 3.3.4. Servicio web “ObjetosPróximos”

Este servicio web recibe como entrada un punto representado por sus coordenadas geográficas  $X$  (longitud),  $Y$  (latitud),  $Z$ .

La salida, es en este caso un documento KML con la información geográfica y con-





```
<xml>
<listadoD>
  <objeto1>
    <id_objeto_interes>
      3
    </id_objeto_interes>
    <nombre_objeto_interes>
      Centro de Cálculo
    </nombre_objeto_interes>
    <tipo_objeto>Lugar</tipo_objeto>
    <categoria>null</categoria>
    <descripcion>
      descripcion3
    </descripcion>
  </objeto1>
  ...
  <objeto21>
    <id_objeto_interes>
      6
    </id_objeto_interes>
    <nombre_objeto_interes>
      Parada Bus 1
    </nombre_objeto_interes>
    <tipo_objeto>Elemento</tipo_objeto>
    <categoria>null</categoria>
    <descripcion>
      descripcion6
    </descripcion>
  </objeto21>
</listadoC>
</xml>
```

9

9. Listados y modelo digital de terreno enviado desde el punto 2.

10. Objetos próximos al punto 1, en la capa exterior del Campus.

11. Objetos próximos al punto 2, en el interior de la Escuela de Informática.

textual de los objetos próximos al punto de entrada desde donde se realiza la petición. Este fichero es interpretado y visualizado por Google Earth.

Para este servicio web hay dos posibles casos: objetos próximos a un punto del exterior del Campus y objetos próximos a un punto del interior de algún edificio.

#### 1. Objetos próximos a un punto en los exteriores del Campus:

Se obtiene los objetos próximos al punto 1. Como se aprecia en la Figura 10, únicamente se representan los objetos próximos que se encuentran en la misma capa. En este caso son las paradas del autobús y el polígono que representa a la EUI.

Punto 1:

X (longitud) = -3.627563867220396  
Y (latitud) = 40.38825124539203  
Z = 0

#### 2. Objetos próximos a un punto en el interior de una capa de la Escuela de Informática:

Para este prototipo, como ya se ha comentado, no se ha realizado el levantamiento digital del interior de los edificios, sin embargo podemos realizar una simulación de la representación interna. En este ejemplo se piden los objetos próximos al punto 2, situado en la planta baja de la EUI. En la Figura 11 vemos que aparecen representados el Centro de Cálculo y la Secretaría, ambos localizados dentro de la planta baja de dicha Escuela.

Punto 2:

X (longitud) = -3.62813604357802  
Y (latitud) = 40.38929675232029  
Z = 0

#### 3.3.5. Servicio web "Ir\_a"

Este servicio web se llama con dos parámetros, uno para las coordenadas del punto de origen y otro para las coordenadas del punto



10



11



12. Resultado del servicio web "Ir\_a" del punto 1 al punto 5, presenta el punto destino y los objetos próximos.

13. Resultado del servicio web "Ir\_a" del punto 1 al punto 6, presenta el punto destino, los objetos próximos y los nuevos listados al cambiar la capa.

destino, ambos puntos pueden estar en la misma capa o en capas diferentes.

#### 1. "Ir\_a" entre dos puntos de la capa externa:

En el punto 5 se encuentra la parada del autobús de la línea E que hay próxima a la cafetería de las escuelas de EUI y EUITT.

En la Figura 12, podemos ver el resultado de la petición "Ir\_a" realizada en el punto 1 (origen) para ir al punto 5 (destino). La coordenada destino está representada por el icono del autobús, vemos los objetos próximos, al estar en la misma capa del punto inicial no se devuelve un nuevo escenario.



12

Punto 1:  
 $X$  (longitud) = -3.627563867220396  
 $Y$  (latitud) = 40.38825124539203  
 $Z$  = 0

Punto 5:

$X$  (longitud) = -3.629261711681649  
 $Y$  (latitud) = 40.39013055555556  
 $Z$  = 0

#### 2. "Ir\_a" de la capa externa a una capa interna:

Punto 6. Este punto pertenece a la primera planta de la EUI, concretamente representa la entrada al departamento de dirección.

En este caso se realiza la petición de "Ir\_a" de un punto en la capa externa (punto 1) a una coordenada que se encuentra en la primera planta de la EUI (punto 6). Al producirse un cambio de capa, la petición cambia el escenario externo por el correspondiente a la capa interna del primer piso de la Escuela.

La Figura 13 muestra en este caso el polígono de la EUI y el icono de una chincheta en la parte superior de dicho polígono. Esto se debe a que, además de los listados y los objetos próximos al punto 6, el servicio web devuelve la información geométrica de la capa (geometría y punto de inserción).

Punto 6:

$X$  (longitud) = -3.628102141809317  
 $Y$  (latitud) = 40.38901124552564  
 $Z$  = 3

#### 3. "Ir\_a" la capa externa desde una capa interna:

En la Figura 14, vemos el resultado de la petición del servicio web "Ir\_a" desde el punto 6 (primera planta de la EUI) al punto 5 (parada del autobús de la línea E próxima a la cafetería).



13

```
<xml>
<listadoD>
  <objeto1>
    <id_objeto_interes>
      3
    </id_objeto_interes>
    <nombre_objeto_interes>
      Centro de Calculo
    </nombre_objeto_interes>
    <tipo_objeto>Lugar</tipo_objeto>
    <categoria>null</categoria>
    <descripcion>
      descripcion3
    </descripcion>
  </objeto1>
  ...
  <objeto22>
    <id_objeto_interes>
      8
    </id_objeto_interes>
    <nombre_objeto_interes>
      Parada Bus 3
    </nombre_objeto_interes>
    <tipo_objeto>Elemento</tipo_objeto>
    <categoria>null</categoria>
    <descripcion>
      descripcion8
    </descripcion>
  </objeto22>
</listadoC>
</xml>
```



```
<xml>
<listadoF>
<objetoI>
<id_objeto_interes>
1
</id_objeto_interes>
<nombre_objeto_interes>
Informática
</nombre_objeto_interes>
<tipo_objeto>Zona</tipo_objeto>
<categoria>S</categoria>
<descripcion>
descripcionI
</descripcion>
</objetoI>
...
<MDT>
<objetoI>
<idMDT>I</idMDT>
<filaMDT>I</filaMDT>
<columnaMDT>I</columnaMDT>
<pathMDT>pathI</pathMDT>
<observacionesMDT>
observacionesI
</observacionesMDT>
</objetoI>
</MDT>
</xml>
```

14. Resultado del servicio web "Ir\_a" del punto 6 interno, al punto 5 externo. Se observa el punto destino, los objetos próximos y los nuevos listados por el cambio de capa.

15. Resultado de la petición "Ir\_a" del punto 7 al punto 6, ambos en la primera planta de la Escuela de Informática.

Punto 5:

X (longitud) = -3.629261711681649  
Y (latitud) = 40.3901305555556  
Z = 0

Punto 6:

X (longitud) = -3.628102141809317  
Y (latitud) = 40.38901124552564  
Z = 3

4. "Ir\_a" una capa interna desde otro punto de la misma capa:

Punto 7. Este punto representa la garita de los bedeles que se encuentra en la primera planta de la EUI.



15

En la Figura 15, observamos el resultado de "Ir\_a" entre dos puntos de la misma capa interna. Desde el punto 7 al punto 6, ambos en la primera planta del bloque 3 de la EUI, al estar en la misma capa solo obtenemos el objeto de destino y sus objetos próximos.

Coordenadas del punto 7:

X (longitud) = -3.62795405183916  
Y (latitud) = 40.38937898658578  
Z = 3

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha realizado un prototipo para un Sistema de Información Geográfico Web, donde se ha tomado como referencia el Campus Sur de la UPM. La creación de una herramienta como SIVIT es especialmente útil para controlar, manejar, actualizar y analizar la información geográfica y alfanumérica de un campus universitario o de cualquier otro entorno geográfico. Esto se debe a la facilidad para visualizar los datos localizados espacialmente, generar nueva información como

calcular recorridos, apreciar zonas donde construir nuevos elementos o restaurar otros, etc.

Se presenta una metodología donde se especifican la secuencia de los procesos y actividades necesarios para la implantación de un sistema de estas características de forma fácil y eficiente. El diseño de la base de datos se ha realizado de forma generalizada, dando prioridad al modelado espacial, de manera que éste podrá ser utilizado en diferentes ámbitos, donde la localización espacial de ciertos objetos de interés sea relevante. El modelo de datos propuesto describe las estructuras de la base de datos para las entidades espaciales y sus interrelaciones y además asociadas con información temática en distintos formatos. El uso de servicios web para la interacción con la base de datos nos parece una buena elección por la posibilidad de reutilización del sistema por distintas aplicaciones y entornos.

En la realización del SIVIT se ha tratado de conseguir un sistema de calidad a partir de



los datos de entrada. En particular se ha hecho hincapié en las labores de análisis y diseño para el modelado de los datos, donde destacamos las dificultades para decidir las estructuras adecuadas para los datos espaciales como por ejemplo: qué objetos de interés espaciales eran relevantes para el sistema, con qué detalle o granularidad se querían contemplar, cuál era su representación idónea sobre mapas y planos digitales, es decir, qué figuras geométricas les representarían, puntos, líneas, polígonos, etc. El sistema desarrollado está basado en código abierto, lo cual pensamos que es acertado desde el punto de vista económico, funcional y del usuario final.

Este proyecto es fácilmente extensible, para incluir el resto de edificios del Campus Sur, como centros de investigación, polideportivos, etc. Así como para su implementación, con pequeñas adaptaciones, en otros domi-

nios donde la localización y representación espacial sea relevante.

En resumen, de este trabajo se deduce fácilmente la gran cantidad de aplicaciones de los *SIG Web*, los cuales son cada vez más utilizados en distintos ámbitos. Entre otros, cabe destacar los beneficios que estos sistemas pueden proporcionar para el análisis, gestión y mantenimiento del espacio donde vivimos, trabajamos, nos divertimos, etc.

#### AGRADECIMIENTOS:

Este trabajo no habría sido posible sin la colaboración y ayuda de, Jesús López de la Calle, Director de la EUI; Eugenio Santos, Director del departamento de Organización y Estructura de la Información de la EUI; Becarios colaboradores del proyecto SIVIT: Ulises Moreno, Héctor Contreras, Pablo Pérez, Daniel Morillo.

#### BIBLIOGRAFÍA:

- (1) Alvarez, M.; Arquero, A.; Martinez, E.: "DOMOGIS: prototipo de un interfaz del sistema de control de un edificio integrado en un SIG", *Informes de la Construcción*, n.º518, vol. 61 abril-junio 2010. doi: 10.3989/ic.08.034
- (2) Núñez, A.; Buill, F.; Lantada, N.; Calaf, F.: *Sistema de Información Arquitectónica (S.I.A.)*. IX Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica. Cáceres, 2003.
- (3) Gutiérrez de Ravé, E.; González, M. P.; Martín, T.; González, B.; Prieto, A. L.; Cano, J. M.: *Diseño de un SIG para la gestión y mantenimiento de un Campus*. XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Santander, España, 5-7 junio de 2002.
- (4) Department of Campus and facilities: "Creating a campus-wide geographic information system". A planning and management tool for the University of Arizona, Arizona, April 1997.
- (5) Baaser, U.; Gnyp, M. L.; Hennig, S.; Hoffmeister, D.; Köhn, N.; Laudien, R.; Bareth, G.: "2006 a Online CampusGIS for the University of Cologne: a tool for orientation, navigation and management". In Wu, H.; Zhu, Q. (Edts.): *Geoinformatics 2006: Geospatial Information Technology*. Wuhan, China, 2006.
- (6) Mira, J. M.; Navarro, J. T.; Ramon, A.: *SIGUA: SIG libre para la gestión del suelo de la Universidad de Alicante*. I Jornadas de SIG libre, Gerona, 2009.
- (7) Gascuña, C. M.: Guadalupe Rafael, *Some Types of Spatio-Temporal Granularities in a Conceptual Multidimensional Model*. 7<sup>th</sup> International Conference, Bratislava, Slovak APLIMAT 2008.
- (8) Gascuña, C. M.: Guadalupe Rafael, "Some Types of Spatio-Temporal Granularities in a Conceptual Multidimensional Model". *Aplimat -Journal of Applied Mathematics*, vol. 1 (2008), n.º 2, pp. 215-216, 2008.
- (9) Schutzberg, A. (2006): "Open Source and Open Standards in Geospatial Technologies: Two kinds of open come together", *Geoinformatics*, 2006.
- (10) Ramsay, P. (2006): "The state of Open Source GIS", *Refractions Research IN, White Paper*. Disponible en: [www.refractions.net/white-paper/](http://www.refractions.net/white-paper/).

#### WEBS:

(Visitadas en abril de 2011)

- (Web 1) *Open Source Initiative*: [www.opensource.org/docs/definition.php](http://www.opensource.org/docs/definition.php)
- (Web 2) Página oficial de *Virtualbox*: <http://www.virtualbox.org>
- (Web 3) Página oficial de *Java*: <http://www.java.com>
- (Web 4) Página oficial de *Eclipse*: <http://www.eclipse.org>
- (Web 5) Página oficial de *Apache*: <http://www.apache.org/>
- (Web 6) Página oficial de *Apache Tomcat*: <http://tomcat.apache.org>
- (Web 7) Sistema gestor de base de datos *PostgreSQL*: <http://www.postgresql.org/>
- (Web 8) Sistema gestor de base de datos especial *PostGIS*, integrado con *PostgreSQL*: <http://postgis.refractions.net/>
- (Web 9) Página oficial de *GeoServer* y documentación: <http://geoserver.org>. <http://geoserver.org/documentation.html>
- (Web 10) Página de *Rational Rose*: <http://www.developers.net/ibmshowcase/view/249>
- (Web 11) Página de *Google Earth*: <http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
- (Web 12) Enciclopedia web *Wikipedia*: [http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio\\_web](http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_web)
- (Web 13) Página oficial de *Open Geospatial Consortium*: <http://www.opengeospatial.org/>

\* \* \*